



冰山集团

Bingshan since 1930

CO₂跨临界冷热耦合节能降碳技术商业化应用

冰山冷热科技股份有限公司

李 爽

2024.04.08

专注冷热 倾心自然

Better Refrigeration & Heat Tech For a Green Nature

CONTENTS

01 冰山CO₂跨临界全系列产品

02 冰山CO₂跨临界各领域案例



- ◆当前，我国年温室气体排放总量超过120亿吨CO₂当量，其中包括约100亿吨的CO₂和超过20亿吨的非CO₂温室气体。
- ◆制冷空调设备是国家经济生活中的能源消耗大户，根据建筑碳排放来源统计显示，目前各类在用的制冷空调设备耗电量占全社会发电总量的20%以上。对应CO₂排放量达到8亿吨，占我国总体CO₂排放量8%。
- ◆中国也是当今全球最大的制冷剂消费国，经测算中国的制冷剂消费量超过全球的50%，各类制冷剂(HCFCs、HFCs、天然工质等)的年消费量超过35万吨，折合CO₂当量超过5.5亿吨。

《绿色高效制冷行动方案》

国家发改委、工信部等七部门2019年6月13日联合印发

主要目标

- 加快生态文明建设，促进绿色消费，大幅提高制冷能效和绿色水平
- 到2030年，大型公共建筑制冷能效提升30%，制冷总体能效水平提升25%以上，绿色高效制冷产品市场占有率提高40%以上，实现年节电4000亿kWh左右。

主要任务

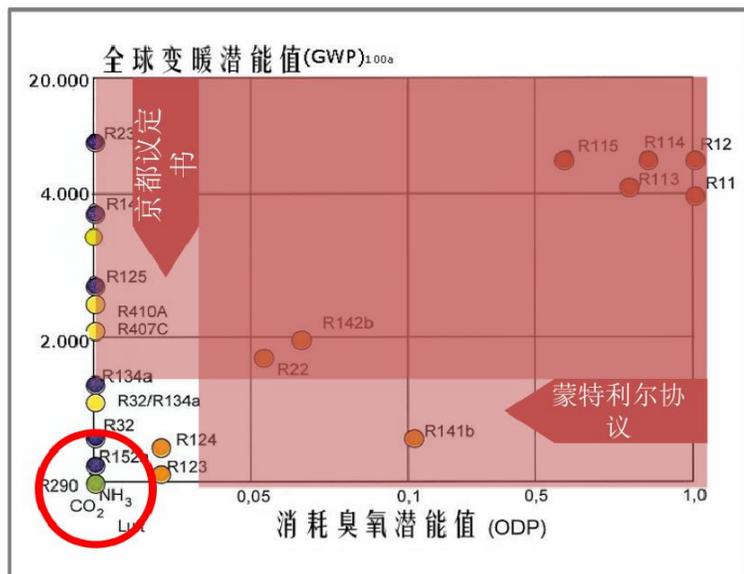
- 强化标准引领:制冷产品能效标准;制冷系统能耗监测和能效评估标准;扩大能效标识产品覆盖面
- 推进节能改造:大型公建等重点领域,实施中央空调节能改造工程,更新升级制冷技术、设备,实现周边区域能源综合利用,实现系统低碳经济运行,大幅提升既有系统能效和绿色环保水平。

保障措施

- 鼓励地方进一步创新对绿色高效制冷产品的支持方式,拓宽支持渠道。
- 企业购置并实际使用的绿色高效制冷产品和设备、清洁能源空调等,符合《节能节水专用设备企业所得税优惠目录》规定的,依法享受企业所得税抵免政策。

制冷剂 and 制冷系统的选择是制冷空调行业降碳的关键

安全环保性



优异的冷热特性



CO₂ 具有极佳的热性能：在表冷器使用和R404A相同的换热面积的情况下，蒸发温度可以提高2K

在气冷器侧，CO₂和冷却介质的换热温差也比HFC制冷剂小

运行压力高，在冷凝温度很低的情况下仍然可以提供足够的膨胀阀供液压差

液体黏度非常低，长管路供液泵功率小

低压侧压力降对于吸气压力影响较小

和润滑油互溶性好，蒸发器回油容易



摄氏温度

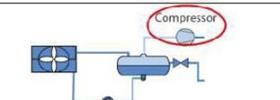
绝对温度



冷热宽温区应用

Comparison of compressor displacement

CO₂
Small compressor



Refrigerant	R 134a	R 717	CO ₂	
Refrigerant capacity	kW [TR]	250 [71]	250 [71]	250 [71]
Required compressor displacement	m ³ /h [ft ³ /h]	1628 [57489]	1092 [38578]	124 [4387]
Relative displacement	-	13.1	8.8	1.0

Evaporating temp.: TE = -40[°C] / -40[°F] - Condensing temp.: TE = -15[°C] / -5[°F]

$$Q_0 \text{ (kW)} = m \text{ (kg/s)} * \Delta h \text{ (kJ/kg)}$$

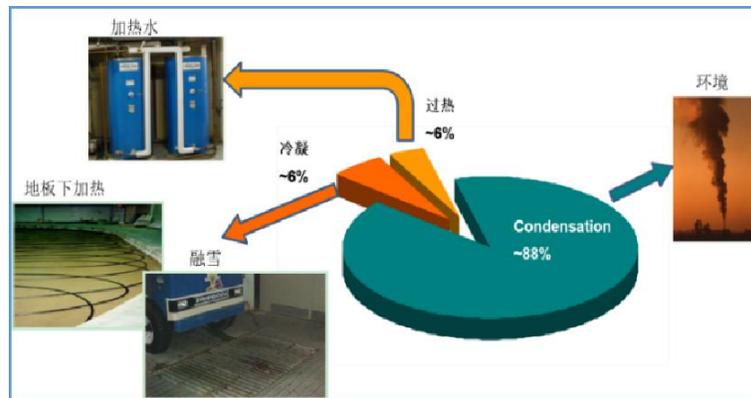
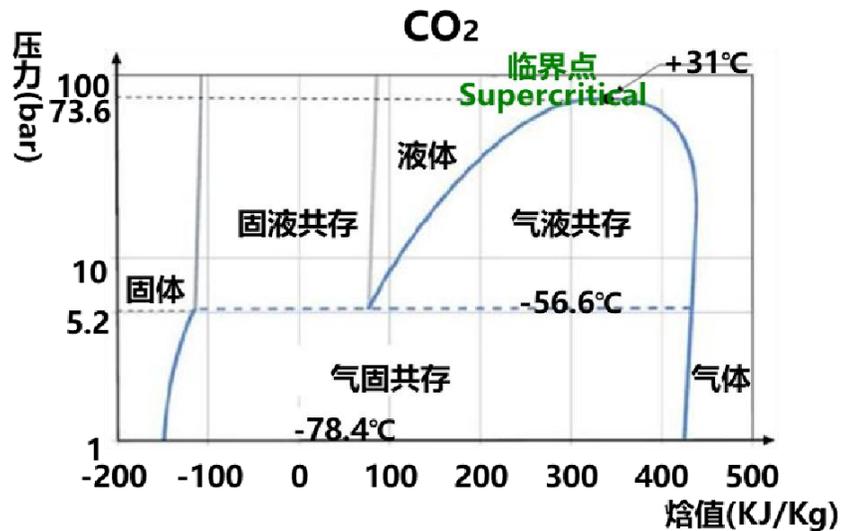
$$Q_0 \text{ (kW)} = V \text{ (m}^3\text{/s)} * \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} * \Delta h \text{ (kJ/kg)}$$

	Q ₀ (kW)	density (kg/m ³)	hg (kJ/kg)	hl (kJ/kg)	V (m ³ /s)	displacement compared with CO ₂
CO ₂	250	26.3	435.2	165.8	0.04	1.0
R 507	250	7.5	346.0	181.6	0.20	5.7
R 717	250	0.6	1407.3	131.9	0.31	8.7
R 134a	250	2.8	372.9	180.5	0.46	13.2

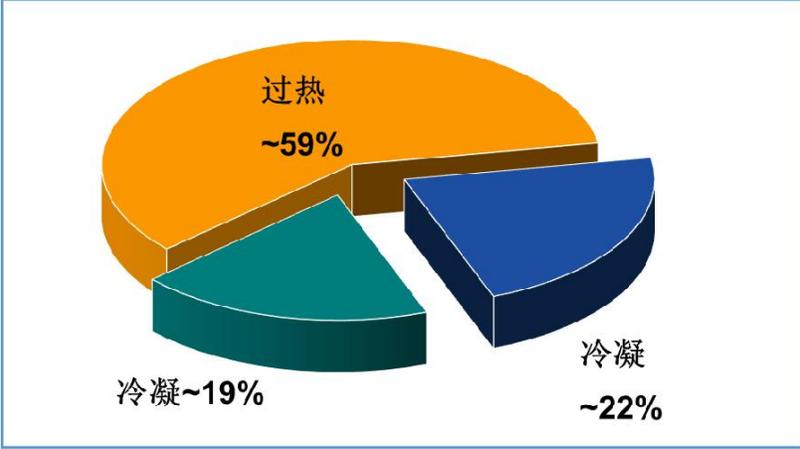
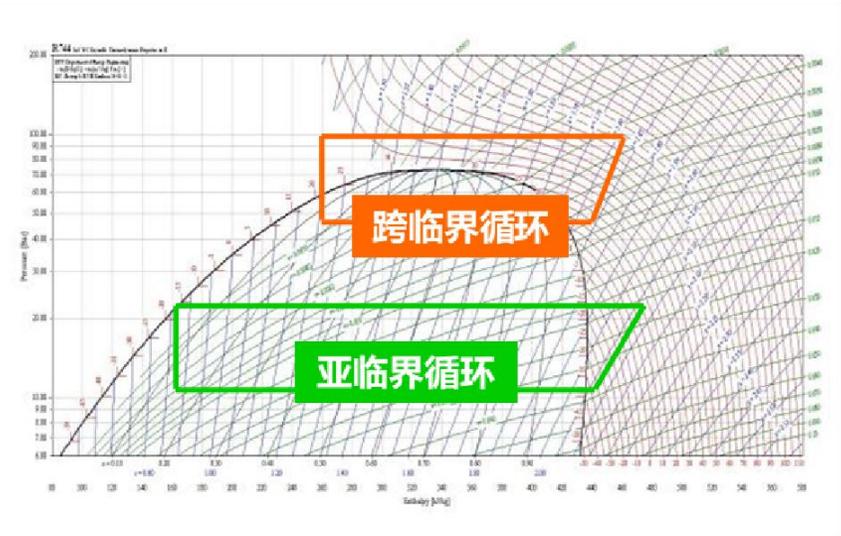
TE = -40 grd.C / -40 grd.F
TC = -15 gr.C / -5 grd.F

压缩机尺寸紧凑性

CO₂跨临界系统是未来发展趋势



氨/氟利昂部分热回收15%左右



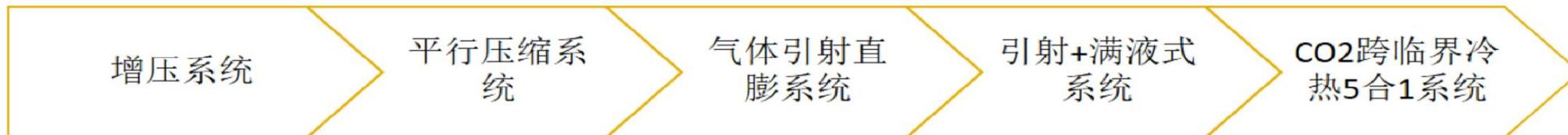
跨临界CO₂全热回收80%以上

到2027年，全球跨临界二氧化碳系统市场规模将达到11043亿美元，主要发展行业为：制冷、供暖、空调，预计在预测期内将以**16.9%的综合年增长率**增长。



2016-2027年，由于环保需求及制冷剂相关法规规定，二氧化碳跨临界系统应用将极速扩张，刺激其细分市场的增长。细分市场可根据应用领域、功能、区域三大类进行划分，具体如下：

- 根据应用领域划分，可分为**零售、热泵、食品加工及储存设备、冰场、自动汽车驾驶**；
- 根据功能划分，可分为**制冷、供暖、空调**；
- 根据区域划分，可分为**北美、欧洲、亚太、中南美洲、中东和非洲**。



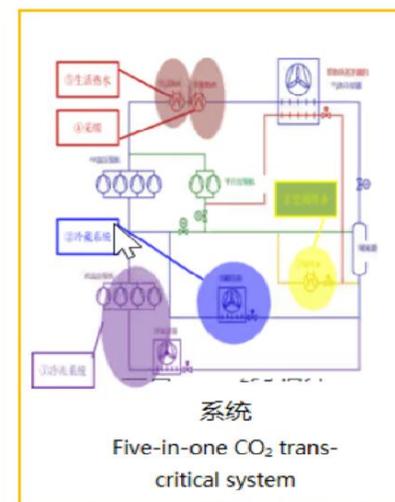
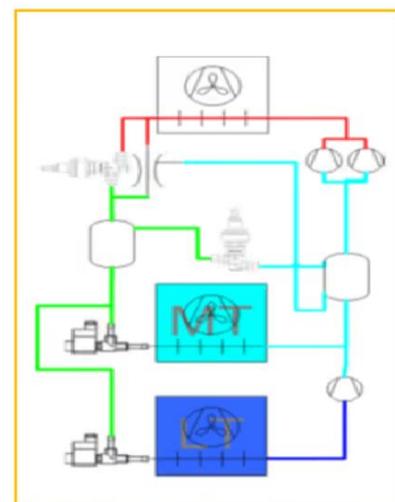
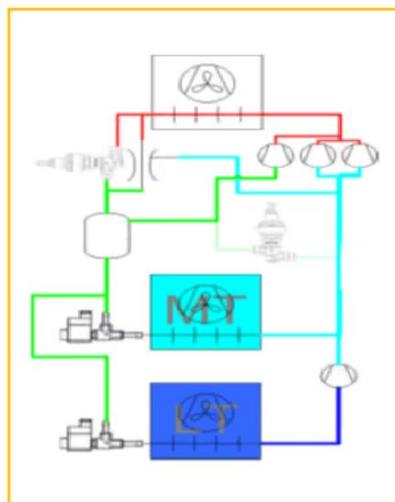
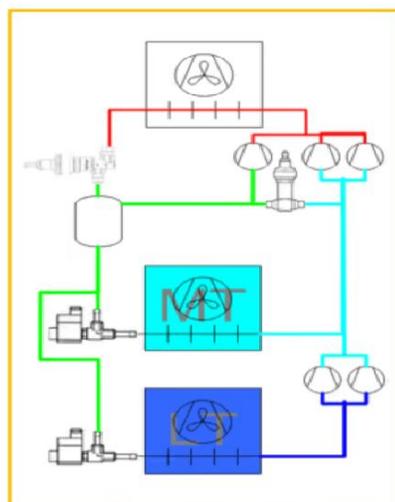
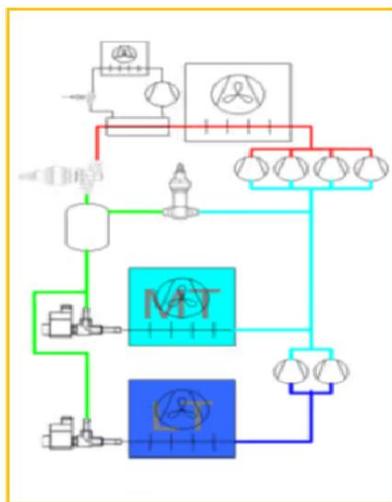
寒冷地区
CO₂作为制
冷剂方案

寒冷地区
CO₂的节能
方案

全区域CO₂
的节能方案

CO₂系统大
型化、远距
离应用方案

CO₂冷热一体
化方案



完成五代CO₂跨临界冷热系统技术迭代研发，适用于全气候温区



冰山CO₂跨临界全系列、全气候温区产品型谱



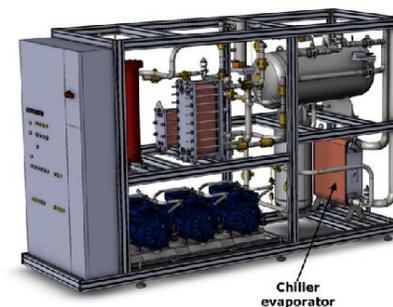
制冷（冷冻，冷藏）

能源综合利用
完成冷冻、冷藏、制热、能源回收、空调
综合使用

CO₂
(R744)

高温热水

空调冷热联供



CO₂跨临界系统产品系列: 1kW to 2000kW (2HP~1000HP)

- 标准化
- 系列化
- 模块化
- 全温区
- 全领域
- 全产业链产品

便利店领域



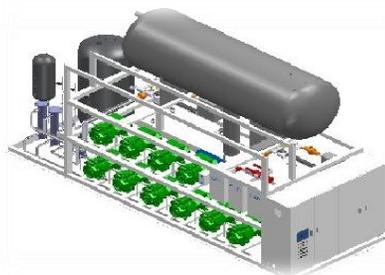
CO₂全封闭变频冷凝机组
双转子双级压缩
2HP-20HP

商超领域



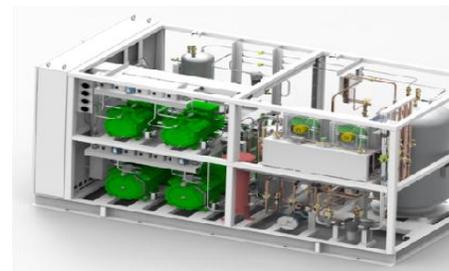
中低温一体机组-33/-9℃
标配平行压缩，选配引射器
270HP-420HP

冰雪领域



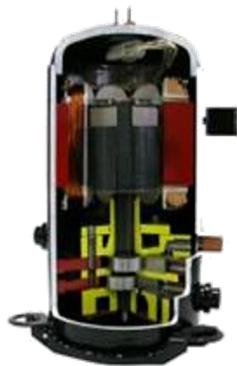
国际标准冰球场规格
标配平行压缩，选配引射器
桶泵供液集成/冷热五合一

冷库领域

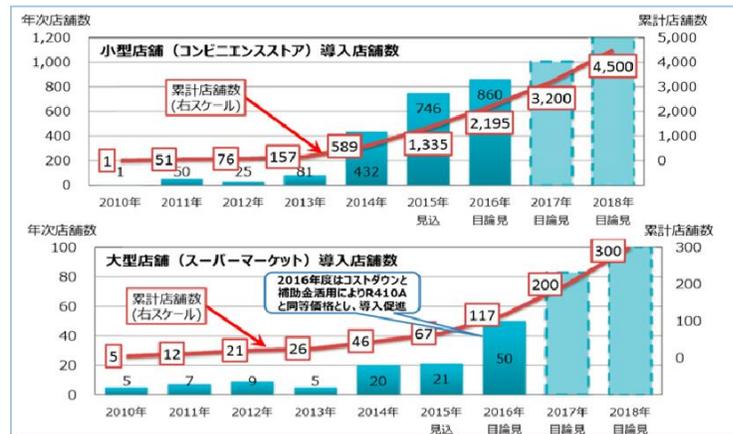


中低温一体机组-45/0℃
标配平行压缩，选配引射器
室内/室外型，出口日本向

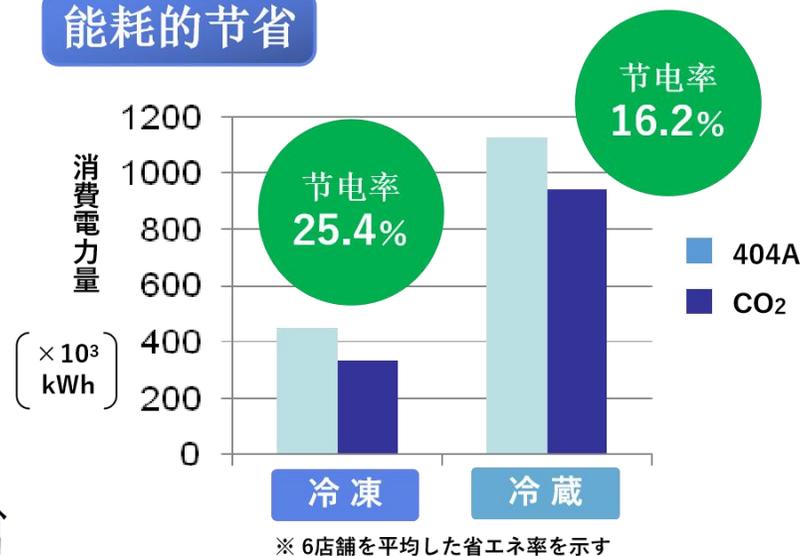
◆ ①便利店领域~CO₂全封闭变频冷凝机组



- ✓ 应用CO₂天然环保制冷剂★
- ✓ 独创的双转子双级压缩技术★
- ✓ 高容积效率，低振动
- ✓ 内部高压、内部中压多种设计★
- ✓ 可直流变频驱动，40~100Hz★
- ✓ 宽频率范围运转
- ✓ 高可靠性，高效能，轻量化★
- ✓ 更宽广的运行范围★
- ✓ 2HP-20HP

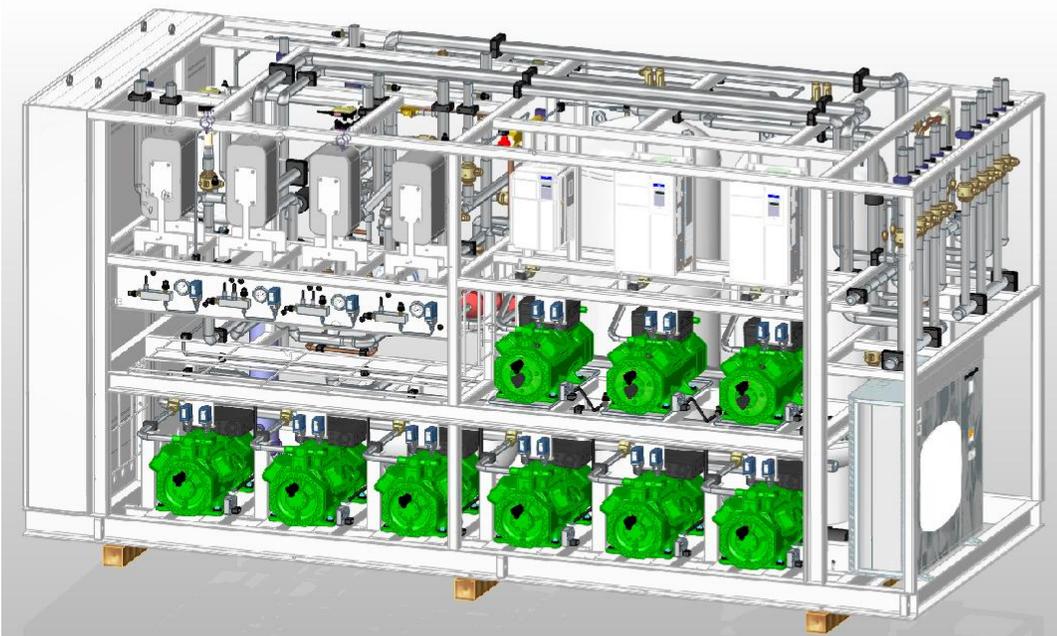


能耗的节省



久经验证的卓越可靠性，全球安装使用700,000台

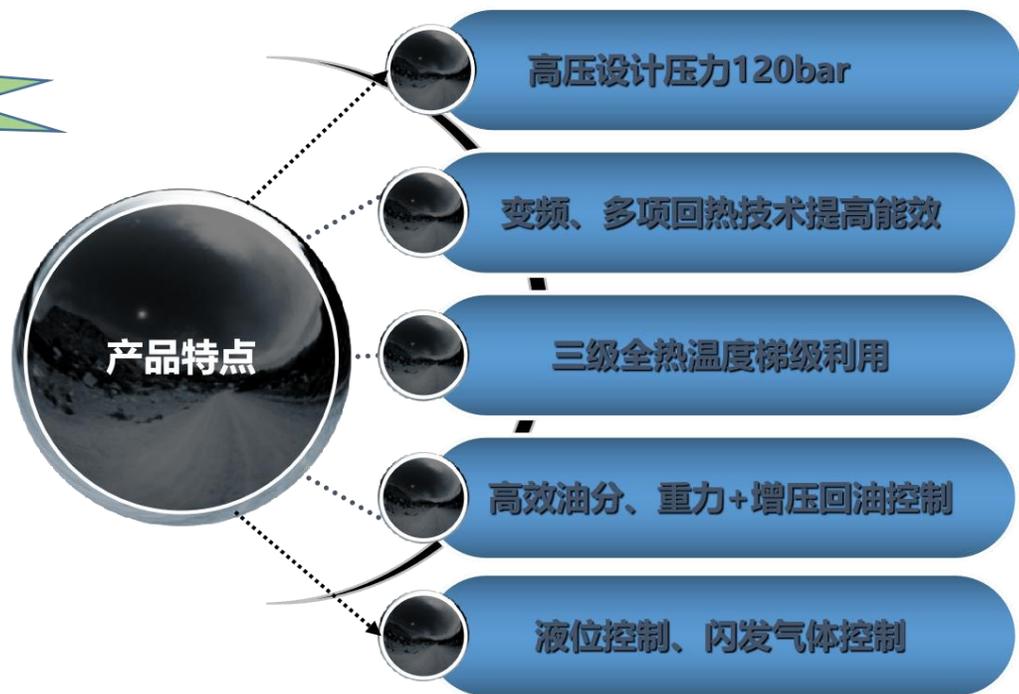
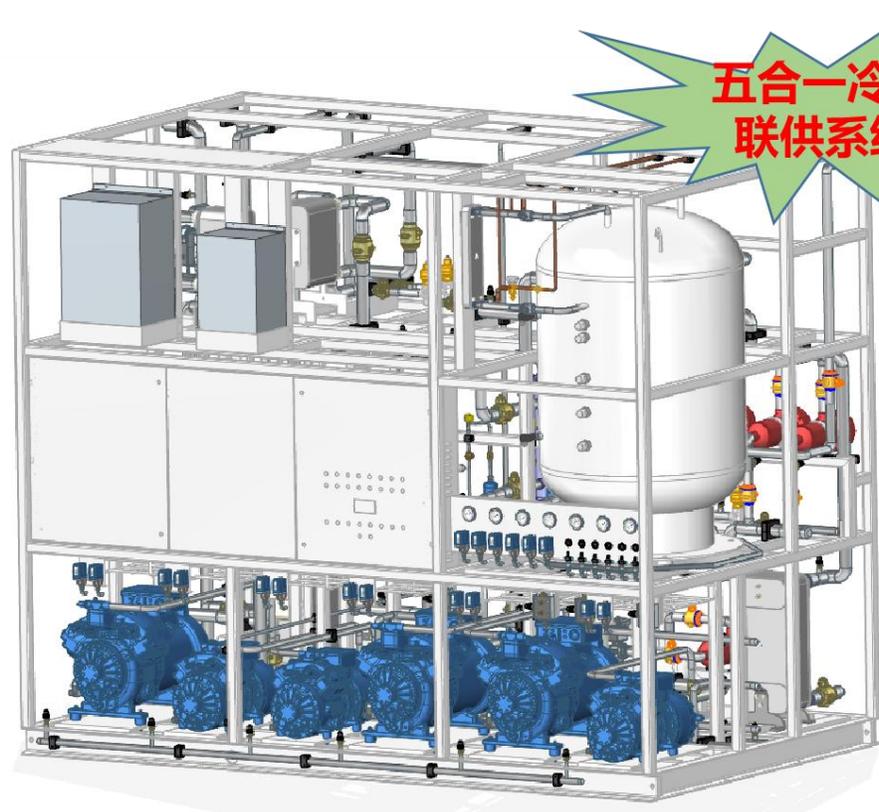
◆ ②商超领域~CO₂跨临界机组



PHS-DB3400VB9P
PHS-DB5550VB12P

- 制冷剂：R744；
- 最大压力(LP/HP)：60/120bar；
- 制冷剂：R744。
- 设计压力：高压12MPa、中压8MPa、低压6MPa；
- 低温蒸发温度：-33℃
- 中温蒸发温度：-9℃
- 270HP-420HP中低温一体机组
- 标配制冷、热回收、高温热水、选配空调、热泵模块
- 标配平行压缩机，选配第三代引射技术
- 模块化、通用化快速对应

◆ ③冰雪领域~CO₂跨临界机组



CO₂制冰+ CO₂空调制冷+
CO₂热泵供暖+ 全热回收

冷热系统
高度集成

综合能效
高

占地面积
小, 减少
建筑成本

配电容
量小

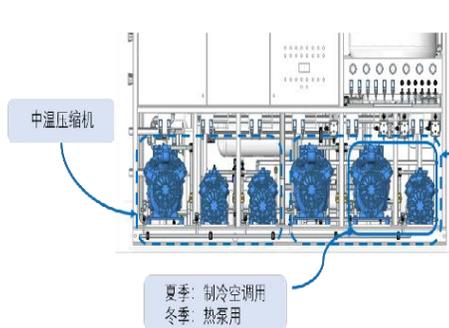
降低运维
成本

碳排放量
低

◆ 冰场用CO₂跨临界产品技术优势——节能性

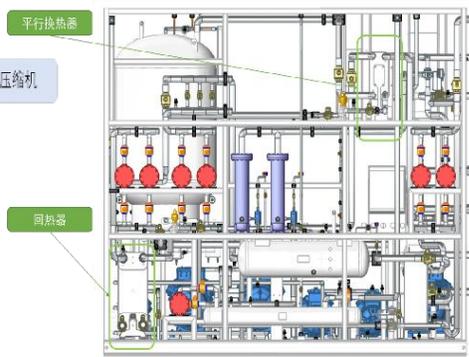
1、变频技术的应用

中温压缩机、平行压缩机每一组均配置一台变频压缩机



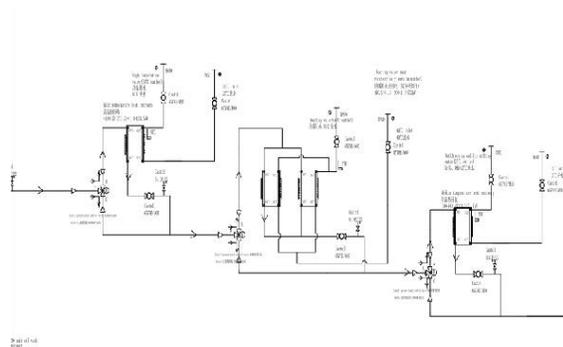
2、回热技术提高整体能效

设置回热器和平行换热器，有效的降低了吸气温度，此外，还可以提供额外的冷量给蒸发器，从而改善了整个系统的能效。



3、三级热回收的应用

机组配置高温、中温、低温热回收器，可降低气冷器出口温度，降低高压压力，提升能效。



4、合理比例的闪蒸罐容积

闪蒸罐设计容积500L，有效的保证了气体比小于30%，合理的控制了闪发气体的容积，同时也保证平行压缩不工作时，高压压缩机开启的最低压力。

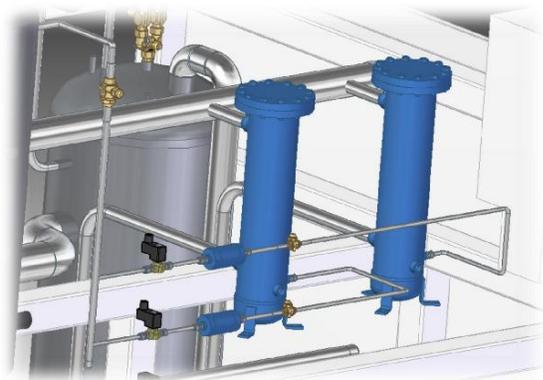




◆ 冰场用CO₂跨临界产品技术优势——安全性

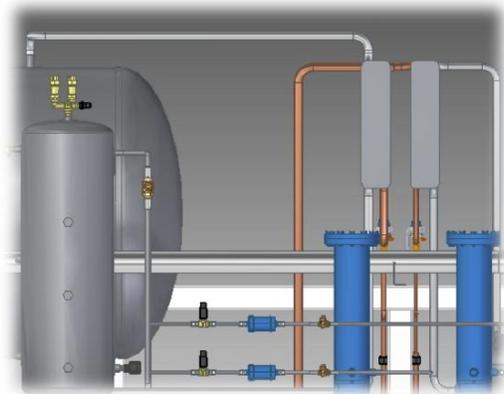
1、双高效油分离技术

采用两台进口亨利油分，高效分子筛结构，分油效率可达99%以上。



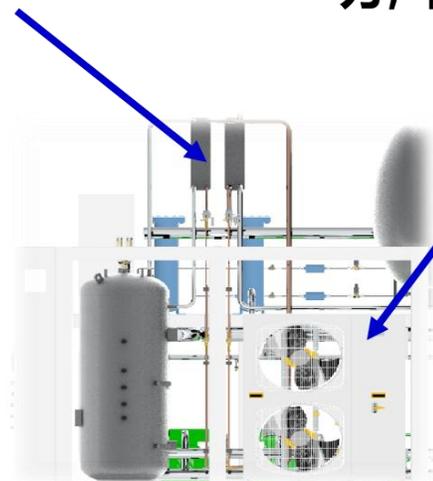
2、先进的系统回油技术

选用PAG油，设置储液罐、油位平衡器、依靠系统精确的流速设计，采用重力+增压双回油方式，保证每台压缩机的顺利供油。



3、多重安全阀保护措施

全机组共配置10套双座安全阀，保证不同部位、不同压力段的设备及管路安全。

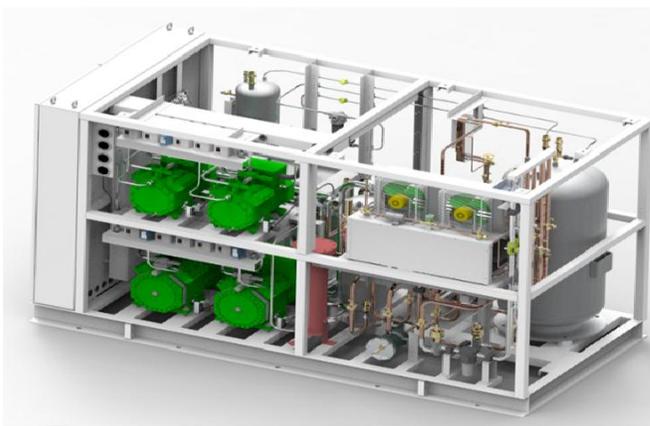


4、设置维持机组保证停机压力

采用一台一体冷凝机组，通过板换连接闪蒸罐、低压循环桶低于设定压力，防止安全阀动作。

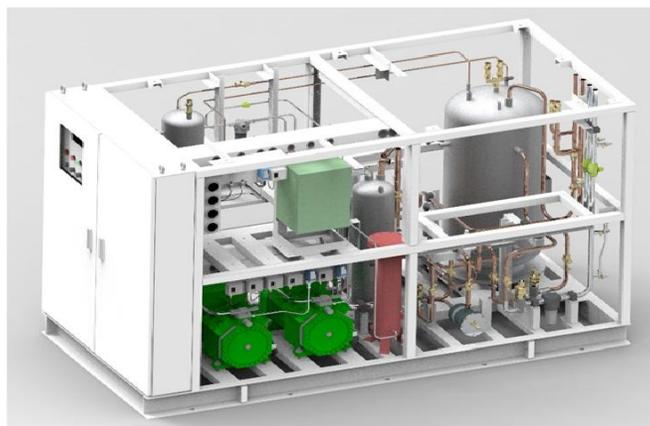
◆ ④冷库领域~CO₂跨临界机组

- 制冷剂：R744；
- 最大压力(LP/HP)：80/120bar；
- 中温蒸发温度：0℃ 低温蒸发温度：-45℃
- 气冷器出口温度：35℃
- 原日本向出口CO₂跨临界产品
- 可提供沿海地区960耐盐害喷涂方案
- 标配平行压缩，引射器功能选配



80HP标准型

80HP标准型，已在日本完成测试，运行状态良好，2020年已确认订单10台



40HP高温型

应对中温冷库，40HP标准型，2020年已确认订单4台



80HP一体型

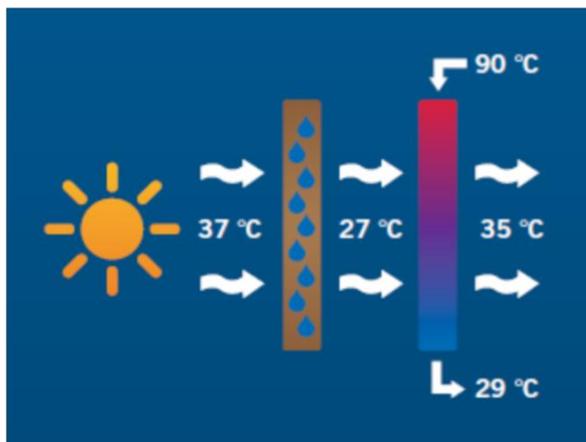
80HP室外一体型，低压高压型，不需配置维持机

◆ ⑥ CO₂绝热加湿气冷器 (高校联合开发, 自主知识产权)



- ◆ 自主掌握气冷器设计计算能力。
- ◆ 设计压力12MPa。
- ◆ 气体冷却器换热盘管材质为高强度不锈钢管, 翅片采用环氧涂层处理 (环氧涂层种类需适应海滨环境参数)。
- ◆ 换热盘管为V字型构造。
- ◆ 风扇为EC风扇。

- ◆ 冬季热泵用蒸发盘管置于气体冷却器内。
- ◆ 提高热泵蒸发温度, 提高热泵供暖能效。
- ◆ 冷凝热用来对蒸发器融霜。



- ◆ 配置绝热预冷湿帘设计, 避免喷水、喷雾模式水与换热器接触对换热的影响。
- ◆ 两侧都装有湿润的预冷网垫,网垫上方为分液系统,网垫下方为带出水口的水盘。
- ◆ 根据空气流量和环境条件,通过控制绝热系统的水流,实现了设备的节水运行。
- ◆ 在不稳定的水压下依然保证安全运行。
- ◆ 可应对超临界空冷、超临界加湿、亚临界空冷三种工况。
- ◆ 能够根据压缩机组的指令在气体冷却/冷凝双工况自动切换运行。
- ◆ 湿帘快拆结构, 维护便利。

CONTENTS

01 冰山CO2跨临界全系列产品

02 冰山CO2跨临界各领域案例



应用领域



出口情况

日本出口
别你来/阿部鬼/三冷社
应用领域
冷库/超商 (2019年开始出口)
累计出口: 50台

北京 超市发集团



应用领域: 超商
2018年建成

上海 罗森便利店



应用领域: 便利店
2019年建成

北京 麦德龙草桥店



应用领域: 超商
2020年建成

上海 耀雪之星冰场



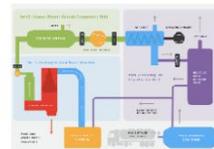
应用领域: 冰雪
2023年建成

天津 雀巢食品



应用领域: 食品加工
2022年建成

上海 711船用CCS

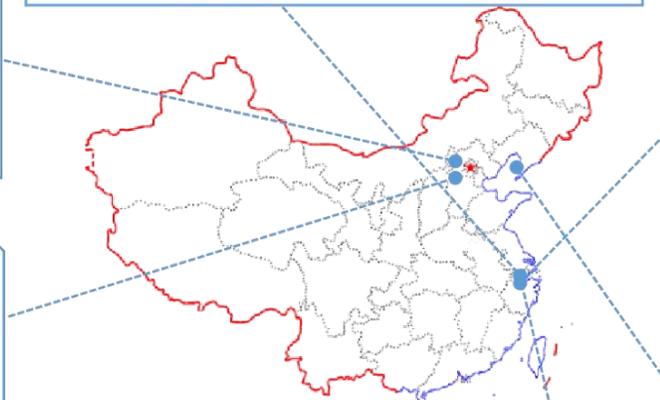


应用领域: 船舶
2023年建成

大连 冰熊冰场



应用领域: 冰雪
2023年建成



北京超市发——CO₂跨临界超市示范项目（2018年）联合国多边基金支持项目

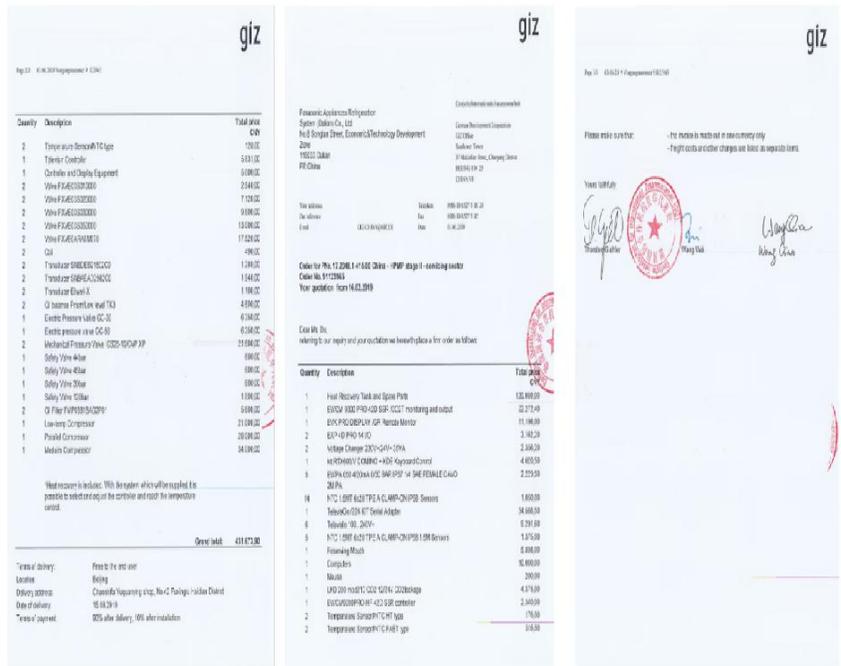
- 北京超市发玉泉路店于2018年7月初完成升级改造，正式开业运营。
- 整个店面制冷系统全部采用目前全球最先进的CO₂跨临界平行压缩冷热一体化集成技术，实现了为超市提供制冷、制热、生产用水等综合。



◆CO₂活
塞压缩机
采用平行
压缩技术、
引射器技
术、热回
收技术、
可实现双
工况运行



该项目获得中国履行《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》多边基金40万元支持



Quantity	Description	Total Price CNY
2	Temperatire Sensor ATC type	120.00
1	Temper Controller	500.00
1	Control valve Display Equipment	500.00
2	View F.P.A.63032000	2500.00
2	View F.P.A.63032000	7100.00
2	View F.P.A.63032000	9100.00
2	View F.P.A.63032000	13100.00
2	View F.P.A.63032000	17100.00
2	Oil	400.00
2	Transducer SMDK63032000	1300.00
2	Transducer SMDK63032000	1500.00
2	Transducer SMDK63032000	1500.00
2	Oil sensor Pressure valve TCA	4500.00
1	Electric Pressure Valve GC-30	6300.00
2	Mechanical Pressure Valve GC30-GDGP-3P	31000.00
1	Safety Valve 4bar	600.00
1	Safety Valve 4bar	600.00
1	Safety Valve 3bar	600.00
1	Safety Valve 3bar	600.00
2	Oil Filter P.P.P.03032000	3000.00
1	Low-press Compressor	31000.00
1	Prohibit Compressor	30000.00
1	Medium Compressor	34000.00

Order total: 418,872.00

Contract Agreement Summary:

- Contract No.: 12.2018.4.11.002.0100 - PWP shop - cooling units
- Contract No.: 12.2018.4.11.002.0100
- Year quotation: from 16.02.2019



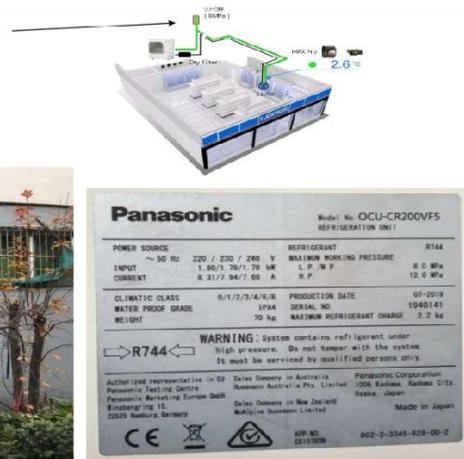
➤ 深圳沃尔玛——CO₂跨临界超市示范项目（2023年）

- 冷冻、冷藏、中温、高温热回收；
- 平行压缩+气体引射；
- 直膨供液；
- 制冷负荷451KW；
- 热回收负荷270KW；
- 陈列柜，冷风机；

功能	冷冻、冷藏
库温/°C	中温-6°C
	低温-27°C
蒸发温度/°C	中温-9°C
	低温-33°C
制冷负荷/kW	中温244kW
	低温207kW
热负荷kW	中温热回收：30°C乙二醇 30kW 高温热回收：60°C水 240kW
压缩机配置：	MT：6CTE-50K*4 LT：4TME-20K*3 PL：6DTE-50K*2



上海罗森——CO₂跨临界便利店示范项目（2019年）



中国的第一家CO₂跨临界便利店

CO₂+跨临界室外冷凝机组

松下双转子CO₂技术在中国的首次应用



松下提供全程冷链解决方案



➤ 天津雀巢——CO₂跨临界冷库项目（2022年）

- ◆ 本项目建筑面积约1000平，共分-18℃和0℃两个温区；
- ◆ 国内首家使用CO₂平行增压跨临界冷热综合利用技术于冷库项目；
- ◆ 机组搭载我司自主研发的CO₂跨临界第二代系统——平行压缩系统；
- ◆ 制冷系统与热水回收系统结合，配备了2级热回收，100KW的50℃出水温度和20KW的地坪采暖；
- ◆ 低压、高压、平行部分各有一台压缩机使用变频控制，冷凝器风扇全部实现变频调节
- ◆ 客户工程以申请**鲁班工程奖项目**，遵循最高的工程工艺标准，2022年5月已调试试运行，系统正常运转



NEW LCU-C1400LVPJ

系统设计及施工亮点：

多级能源利用：供暖和地坪采暖以及气冷器散热协同控制，搭载电子膨胀阀，精准温度控制；**多点位CO₂浓度检测与声光报警兼排风联动系统**，保证人身安全。首个执行高标准的美标SCH80标准的项目，**独创的高压打压技术：**可达160bar；管道焊接通过船级社认定合格，独特的焊接工艺保证客户要求。

➤ 上海耀雪——CO₂跨临界制冰系统在炎热地区应用（2023年）

全气候温区提高能效，平行压缩，引射器

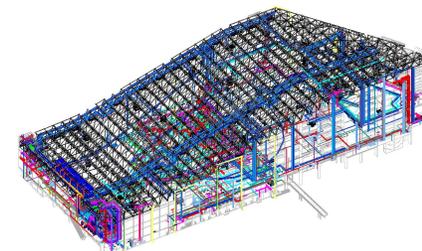
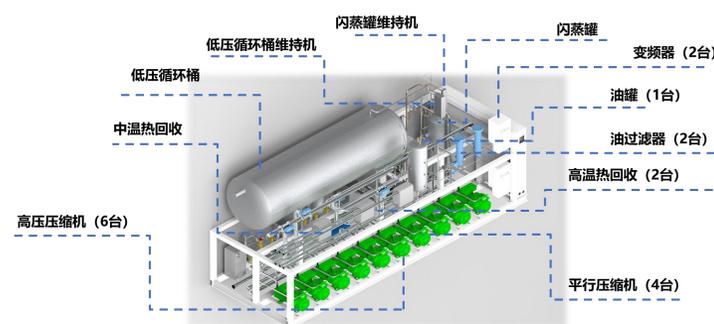
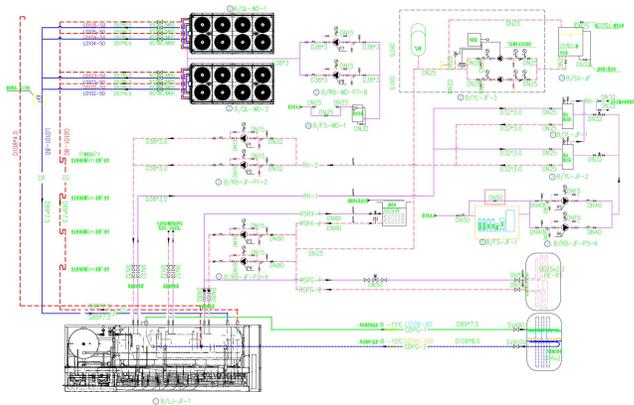
全热回收设计，温度梯级利用

系统回油设计

提高系统能效：变频设计、高压、中压、引射回热设计

压力管道应力计算

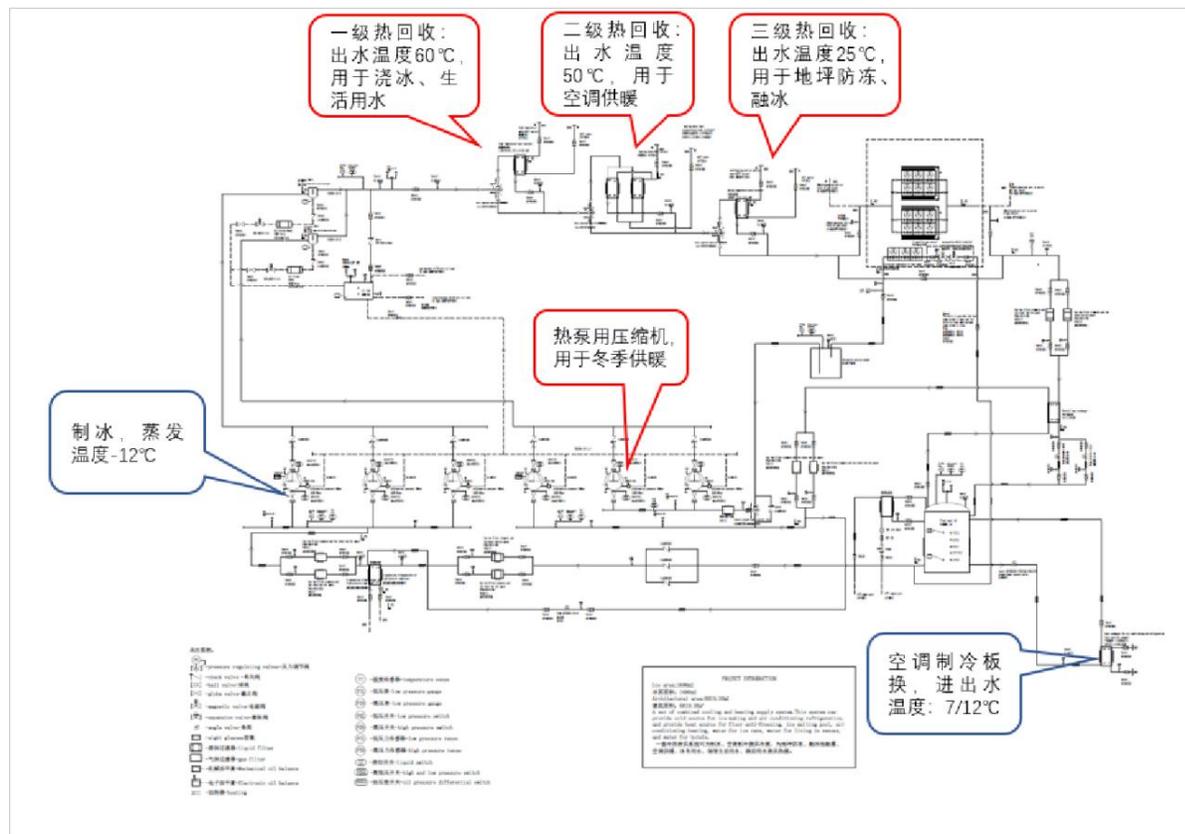
◆ **耀雪（冰雪世界）**：项目位于浦东新区临港新城主城区，滑冰场尺寸60m*30m*R8m，冰面面积约为1800平方米，冰层厚度为30-50mm。冰场位于水乐园一层。冰面温度可调范围为：花样滑冰-3~-5℃、冰球-5~-7℃、冰壶-4~-7℃；该滑冰场除了平时的休闲娱乐，冰上表演，训练之外，还可以举行一些地市级的比赛。



➤ 大连冰熊——CO₂冷热五合一系统零碳冰上场馆（2023年）



- 项目地点：大连沙河口区冰山慧谷D1-2
- 建筑面积：
 - ◆ 一层建筑面积：3526m²，二层建筑面积：1497m²
- 可实现功能：
 - ◆ 冰球、花样滑冰训练和比赛
 - ◆ 其他冰上演出和节日庆祝活动
- 冰面面积：1680m²
- 冰面设计温度：-3~-7℃
- 冰层设计厚度：40~50mm
- 空调设计温度维持24℃，相对湿度≤55%

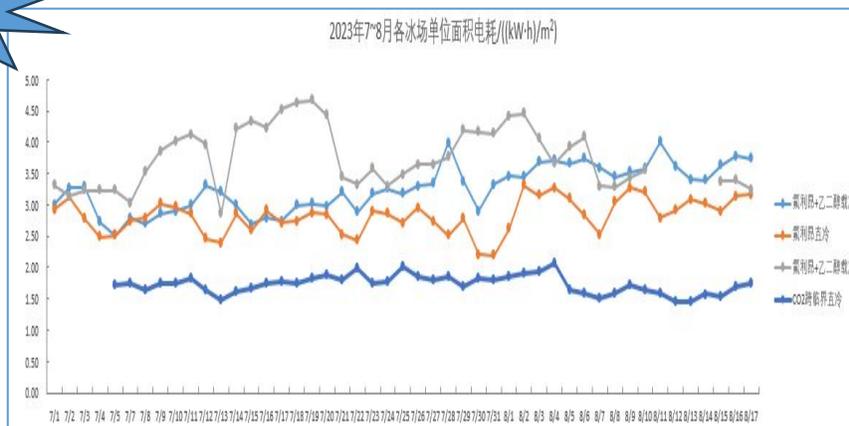
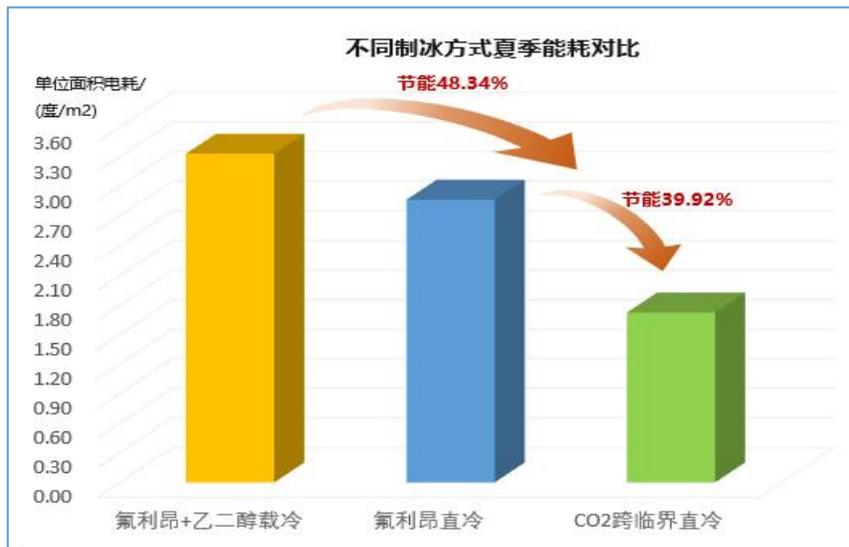


■ 一套系统冷热耦合集成：-15~60℃，60/50/25三级全热回收温度梯级利用

大连冰熊——CO₂冷热五合一系统零碳冰上场馆（2023年）



冰温
±0.5°C



9万棵



年减排1600吨



100%绿电

节能50%



冰山CO₂冷热技术成果转化



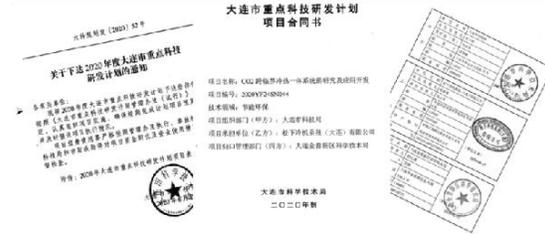
知识产权保护

授权专利31项，其中发明专利4项；



重点科技项目

- 该项目获批为**大连市重点科技项目**，获得 200 万科研资金支持；
- 获得**联合国气候多边基金补助40万**；



专精特新认证



科技奖励





冰山集团

Bingshan since 1930

专注冷热 倾心自然

Better Refrigeration & Heat Tech For a Green Nature